

PAT-NO: JP358178234A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 58178234 A

TITLE: TEMPERATURE MEASURING CIRCUIT WITH RESISTOR FOR  
MEASURING TEMPERATURE

PUBN-DATE: October 19, 1983

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YAMAGUCHI, KENJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

YOKOGAWA HOKUSHIN ELECTRIC CORP

N/A

APPL-NO: JP57060593

APPL-DATE: April 12, 1982

INT-CL (IPC): G01K007/20, G08C019/04

US-CL-CURRENT: 374/173

ABSTRACT:

PURPOSE: To attain a temperature measuring circuit with the reduced cost and good linearity by linearizing a temperature characteristic of a voltage signal obtained from an output terminal.

CONSTITUTION: A second current correction means 401 is provided at a connection point B between a current setting resistor 1 and a temperature measuring resistor 3, so that a change in resistance value of the temperature measuring resistor 3 is corrected by the second current correction means 401 to be linearized. Linearizing correction of a non-linear characteristic as shown

at a curve 601 can be achieved such that a resistance value  $R_c$  of a resistor constituting a first current correction means 18 is selected to be smaller than  $R_c = R / (K - 1)$ . The second current correction means 401 can be constituted by connecting a resistor 402 having a resistance value  $R_f$  in parallel with the resistor constituting the first current correction means 18. For linearizing correction of a non-linear characteristic as shown at a curve 602, the resistance value  $R_c$  of the resistor constituting the first current correction means 18 may be selected to be larger than  $R_c = R / (K - 1)$ , where  $K$  is a gain of an amplifier 19 and equals to  $(R_a + R_b) / R_a$ .

COPYRIGHT: (C)1983,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—178234

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 K 7/20  
G 08 C 19/04

識別記号

庁内整理番号  
7269—2F  
7187—2F

⑭ 公開 昭和58年(1983)10月19日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 9 頁)

⑮ 測温抵抗体による温度測定回路

⑯ 特 願 昭57—60593

⑰ 出 願 昭57(1982)4月12日

⑱ 発 明 者 山口賢治

東京都大田区下丸子3丁目30番

1号株式会社北辰電機製作所内

⑲ 出 願 人 株式会社北辰電機製作所

東京都大田区下丸子3丁目30番  
1号

⑳ 代 理 人 弁理士 草野卓

明 細 書

1. 発明の名称

測温抵抗体による温度測定回路

2. 特許請求の範囲

(1) 抵抗値が等しく、一端が互に共通接続された二つの測定電流設定抵抗器と、この測定電流設定抵抗器の一方の一端に一端が接続された三線式測温抵抗体と、上記測定電流設定抵抗器の他方の一端に一端が接続され他端が上記三線式測温抵抗体の他端に接続され測定温度レンジによつて適宜その値が選定されるゼロサプレッション抵抗器との四つの抵抗器によつて構成される抵抗ブリッジと、上記二つの測定電流設定抵抗器の接続点と基準電位点の間に一定電圧を与える定電圧源と、上記ゼロサプレッション抵抗器と測定電流設定抵抗器の接続点が常時基準電位となるように上記測温抵抗体とゼロサプレッション抵抗器の接続点の電位を制御する手段と、上記測温抵抗体と測定電流設定抵抗器の接続点の電位が入力され、その入力点が正帰還回路の接続端とされた増幅器とより成り、

上記測温抵抗体の温度に比例した出力が得られることを特徴とする測温抵抗体による温度測定回路。

3. 発明の詳細な説明

この発明は測温抵抗体による温度測定回路の改良に關し、特に測温抵抗体の抵抗値変化がもたらす測定電流の変動による測定誤差、差動増幅器に流入する電流によつて発生する誤差等を充分小さい値に軽減することができると共に、測温抵抗体を持つ温度対抵抗値変化の非直線性を直線化補正することができる測温抵抗体による温度測定回路を提供しようとするものである。

< 発明の背景 >

本出願人は先に特願昭56—67272及び特願昭56—67273において測温抵抗体による温度測定回路を提案した。この先に提案した先願発明では第1図に示す従来回路を第2図及び第3図に示す回路構成に改め、この結果として測温抵抗体の抵抗値変化がもたらす測定電流の変動による測定誤差、差動増幅器に流入する電流によつて発生する誤差等を充分小さい値に軽減することができる温

度測定回路を提案したものである。

第2図及び第3図に示す先願発明の特徴とする点は測定範囲の基準温度において接点Bの電位を共通電位点Dの電位に等価的に等しくなるように制御する電位制御手段102を設けた点と、この電位制御手段102の制御により基準温度において接点Bの電位を等価的に共通電位点Dの電位となるように制御したことにより、接点Bの電位を不平衡形増幅器103により取出すことができるようにした点、更にこの増幅器103の出力側と正帰還入力点との間に接続した第1電流補正手段18を設けた点である。

不平衡形増幅器は一般に差動増幅器より入力インピーダンスを高くできることから不平衡形増幅器103の使用により電流設定抵抗器1から測温抵抗体3に流入する電流が増幅器103に分流する量を小さくできる。よつて増幅器103に分流する電流によつて発生する誤差値を小さくできる利点を得られる。

更に第1電流補正手段18により測温抵抗体3

の抵抗値が変化した場合、この第1電流補正手段18により測温抵抗体3を流れる電流が常に一定となるように補正される。よつて測温抵抗体3の抵抗値が変化することにより、測温抵抗体3を流れる電流が変動し、この結果発生する測定誤差を除去できる利点を得られる。

結局、先願発明では測温抵抗体3の抵抗値変化を忠実に電圧信号 $V_0$ として取出すことを意図したものである。従つて測温抵抗体3が温度対抵抗値特性において非直線性を持つ場合は出力電圧 $V_0$ は温度に対して非直線特性をもつて取出されることとなる。

#### <発明の概要>

この発明では先願発明で提案した構造に加えて第4図及び第5図に示すように第2電流補正手段401を設け、この第2電流補正手段401により測温抵抗体3の温度対抵抗値変化特性の非直線性を直線化補正し、出力電圧信号 $V_0$ が温度に対して直線的に変化するようにした測温抵抗体による温度測定装置を提供しようとするものである。

この出願の発明を説明する前に第1図に示す従来の温度測定回路と第2図及び第3図に示す先願の発明に関して説明することとする。

#### <第1図に示す従来回路の説明>

従来の温度測定回路は定電圧源 $V_0$ と基準電位点D間に抵抗器1, 2, 4と測温抵抗体3によつて構成した抵抗ブリッジを接続し、測温抵抗体3と抵抗器4に発生する電圧の差電圧を差動増幅器5によつて増幅して取出す回路構造とされている。この温度測定回路は一般に広く用いられており、その特徴とする点は測温抵抗体3が三線式であつてそのリード線6と7に同一方向に電流を流し、その和の電流をリード線8に流して帰路させるようにし、このようにしてリード線6及び7の回路抵抗 $r$ に発生する電圧 $E_1$ ,  $E_2$ を端子9及び10間で相殺するようにした点である。

一般には抵抗器1及び2によつて測温抵抗体3と抵抗器4を流れる電流を設定し、抵抗器4によつて差動増幅器の出力端子12に出力される出力電圧 $V_0$ のゼロ点を設定する。従つて抵抗器1及び

2を測定電流設定抵抗器と称し、抵抗器4をゼロサプレッション抵抗器と称している。抵抗器1, 2, 4の抵抗値を $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_4$ とし、測定抵抗体3の基準温度における抵抗値つまり測定レンジの0点時の抵抗値を $R_3$ とすれば、一般には $R_1=R_3$ ,  $R_2=R_4$ のように設定される。また差動増幅器5の演算抵抗器13, 14と15, 16の抵抗値を $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_a'$ ,  $R_b'$ とした場合 $R_a=R_a'$ ,  $R_b=R_b'$ に選定するものとする。

#### <第1図の回路の欠点>

ところでこの第1図に示す回路は次のような欠点がある。

(1) 測定温度が変化するに伴つて測温抵抗体3の抵抗値 $R_3$ が変化するものであるが $R_3$ が変化することによつて測温抵抗体3を流れる測定電流が変化し、誤差が発生する。つまり測温抵抗体3の抵抗値 $R_3$ が測定温度に応じて変化すると抵抗器1と測温抵抗体3を流れる電流値が変化する。この電流の変動によりリード線6における電圧降下 $E_1$ が変化し、その変化分が誤差となる。更に測温抵抗

体3の抵抗値 $R_3$ と測温抵抗体3での電圧降下との関係が非線形となる。この測定誤差は、 $R_1 \gg R_3$ の関係に測定することにより或る程度は軽減できるがそれには限界がある。

(2) ブリッジを流れる測定電流が差動増幅器5の演算抵抗器13, 15に分流し、これにより測定電流に変化を与え、この測定電流の変化により誤差が発生する。

つまり差動増幅器の演算抵抗13, 15を流れる電流は演算抵抗器13, 14の抵抗値 $R_a$ と $R_a'$ が大きい程小さくなり誤差も小さくなる。然し乍ら演算抵抗器13と15の抵抗値は増幅器で必要とするバイアス電流値によつて制限され、現状では無制限に大きくできるものではない。従つて差動増幅器を用いる限りにおいては差動増幅器に分流する電流によつて発生する誤差を充分小さくできない欠点がある。

(3) 測温抵抗体3のリード線6及び7の長さが変わり、その抵抗分 $r$ が変化するとスパン誤差が発生する欠点がある。

つまりリード線6及び7の長さが変わるとブリッジを流れる測定電流が変化する。これにより測温抵抗体3が所定温度範囲内において所定の抵抗値変化をもたらし、その抵抗値変化により所定の電圧変化を取出し得なくなりスパン誤差が発生する。

このスパン誤差を小さくするには(1)項と同様に $R_1 \gg R_3$ 及び $R_2 \gg R_4$ の関係に測定することによつて或る程度の軽減は達せられるが、リード線6及び7の長さが大幅に変わつた場合にはそれに依じたスパン誤差が発生し無視できないものとなっている。つまり製造時に調整のために接続したリード線6, 7と実際にフィールドに設置される場合のリード線6, 7の長さには大きな違いがあるのか普通である。よつてフィールドに設置した状態で再度スパン調整をしなければならない欠点がある。

(4) 差動増幅器5を構成する演算抵抗器13~16の相互の比の温度変動に起因し、出力端子12にゼロサプレッション抵抗器 $R_4$ における電圧降下に

比例した約 $\frac{R_a + R_b}{R_a}$ 倍されたゼロ点変動が生じる。  
 <先願発明の説明>

先願発明の目的とするところは上述の(1)~(4)項で説明した各種の誤差及びゼロ点変動を除去することができる測温抵抗体による温度測定回路を提供することにある。以下に特願昭56-67273で提案した温度測定回路について第2図を用いて詳細に説明する。

この先願発明においては測定電流設定抵抗器1及び2と、測定抵抗体3によつて直列回路101を構成すると共に電流設定抵抗器2とゼロサプレッション抵抗器4とリード線7, 8と演算増幅器17とにより、電流設定抵抗器1と測温抵抗体3との接続点Bの電位を等価的に基準電位点Dの電位となるように制御する電位制御手段102を設ける。更に測定電流設定抵抗器1と測温抵抗体3の接続点Bと基準電位点Dの間の電圧を不平衡増幅器103により取出すようにし、更に増幅器103の出力端と正帰還入力点との間に第1電流補正手段18を設けたものである。

電位制御手段102は演算増幅器17と、電流設定抵抗器2及びゼロサプレッション抵抗器4によつて構成することができる。演算増幅器17の例えば反転入力端子を接続点A点に接続し、非反転入力端子を基準電位点Dに接続する。更に演算増幅器17の出力を端子11に接続しブリッジを流れる電流を演算増幅器17によつて吸引し、A点の電位を基準電位点Dの電位と等しくなるように制御する。こゝで測定レンジの0%の状態では $R_3 = R_4$ に測定することにより、この時の接続点Bの電位を接続点Aの電位と等しくすることができ、測定範囲の基準温度において接続点Bの電位を等価的に基準電位となるように制御することができる。

また不平衡増幅器103は出力端12と基準電位点Dの間に接続した抵抗器20と21の分圧点から負帰還を掛け、出力と正帰還入力端子との間に第1電流補正手段18を接続し、その正帰還入力点をB点に接続する。第1電流補正手段18は例えば抵抗器によつて構成することができる。こ

の抵抗器の抵抗値 $R_0$ を適当値に設定することにより測温抵抗体3の抵抗値変化からくる電流変動を抑制することができる。

#### <第2図の回路の定性的な動作説明>

演算増幅器17の利得が充分大きいものとする。と接点Aの電位は基準電位点Dと等しい電位となるように端子11の電位が制御される。従つて測定電流設定抵抗器2とゼロサブレンジン抵抗器4を流れる電流は抵抗器2の抵抗値を $R_2$ 、定電圧源 $V_B$ の電圧を $V$ とすれば $V/R_2$ となり、測温抵抗体3のリード線7の線路抵抗 $r$ に影響を受けることなく抵抗器2を流れる電流は一定値に保持される。故にブリッジの下端C点の電位を $V_c$ とすると、

$$V_c = -\frac{V}{R_2} \times (R_4 + r) \quad (1)$$

となる。

B点の電位を $V_B$ とすると、出力端子12の出力電圧 $V_0$ は、

こゝで $R_1 = R_2 = R$ とすると、

$$V_B = \frac{\frac{V}{R} \cdot (R_3 - R_4)}{1 + (R_3 + r) \left\{ \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_c} \cdot \frac{(R_3 + R_b)}{R_2} \right\}} \quad (5)$$

となる。

第5式において、 $(R_3 + r) \left\{ \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_c} \cdot \frac{(R_3 + R_b)}{R_2} \right\}$ の項をゼロとすることができると $V_B$ と $R_3$ との間が比例関係となる。

すなわち、

$$\frac{1}{R_0} \cdot \frac{1}{R_c} \cdot \frac{(R_3 + R_b)}{R_2} + \frac{1}{R_1} = 0$$

よつて、

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_b}{R_2} = R_1 (k-1) \quad (6)$$

但し $k$ は $k = \frac{R_3 + R_b}{R_2}$ であり、これは増幅器19の利得を示す。

第1電流補正手段18を構成する抵抗器の抵抗値 $R_0$ を $R_0 = R_1 (k-1)$ の関係に選定することにより、

特開昭58-178234(4)

$$V_0 = \frac{R_3 + R_b}{R_2} \times V_B \quad (2)$$

となる。

但し、 $R_2$ は抵抗器20の抵抗値、 $R_b$ は抵抗器21の抵抗値である。

B点の電位 $V_B$ は電流設定抵抗器1と、測温抵抗体3とリード線6の線路抵抗 $r$ の直列回路と、正帰還抵抗器18で構成されるY形回路の接点の電位であるから $V_B$ は次のように書換えることができる。

$$V_B = \frac{V \cdot (R_3 + r) \cdot R_0 + \frac{R_3 + R_b}{R_2} \cdot V_B \cdot (R_3 + r) R_1 + \frac{-V}{R_2} \cdot (R_4 + r) R_c R_1}{R_1 \cdot R_c + R_1 (R_3 + r) + R_c \cdot (R_3 + r)} \quad (3)$$

こゝで $R_c$ は第1電流補正手段18を構成する抵抗器の抵抗値。

これを $V_B$ について解くと、

$$V_B = \frac{\frac{V}{R_1} (R_3 + r) - \frac{V}{R_2} (R_4 + r)}{1 + (R_3 + r) \left\{ \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_c} \cdot \frac{(R_3 + R_b)}{R_2} \right\}} \quad (4)$$

$$V_B = \frac{V}{R} (R_3 - R_4)$$

よつて、

$$V_0 = \frac{R_3 + R_b}{R_2} \cdot V_B = \frac{R_3 + R_b}{R_2} \cdot \frac{V}{R} \cdot (R_3 - R_4) \quad (7)$$

となり出力端子12には測温抵抗体3の抵抗値 $R_3$ に比例した出力電圧 $V_0$ を得ることができる。

#### <第2図の回路の具体的な効果>

第2図の回路によれば、ブリッジのA点を電位制御手段102によつて基準電位点Dの電位に保持し、スパンゼロ時の接点Bの電位を等価的に基準電位点Dの電位と等しくなるように制御すると共に増幅器103に接続した第1電流補正手段18の抵抗値 $R_0$ を $R_0 = R_1 (k-1)$ に選定することにより測温抵抗体の抵抗値変化による測定電流の変化を補償することができる。

換言すれば測温抵抗体3の抵抗値 $R_3$ が大きくなつたときこれを流れる電流が減少してもその電流の減少分は第1電流補正手段18を通じてB点に

流入する電流によつて補正される。よつて測温抵抗体3を流れる電流は常に一定値となるように動作する。従つて従来例の(1)項で説明した測定電流の変化に基づくリード線6にかかる電圧降下 $E_1$ の変化から来る誤差を解消することができる。

また電流設定抵抗器2とゼロサプレッション抵抗器4の接続点Aが基準電位に保持されることから不平衡入力演算増幅器を用いることができ差動増幅器を利用しなくてよい。不平衡入力形演算増幅器の入力バイアス電流は測温抵抗体3を流れる測定電流に較べて充分小さくすることができる。よつて差動増幅器の場合のように抵抗器1と測温抵抗体3の直列回路101から余分な電流を分流させないから従来例の(2)項で説明した欠点も解消できる。

更に出力電圧 $V_o$ には第6式に示したようにリード線6及び7の線路抵抗 $r$ の項を全く含まないから、線路抵抗 $r$ が大きく変化してもこれらの影響を受けることがない。よつて線路抵抗 $r$ が変化してもスパン誤差が発生することがなく従来例の(3)項

の欠点も解消できる。

また測温抵抗体3の抵抗値 $R_3$ が測定レンジの0%にあるときの測温抵抗体3の抵抗値 $R_3$ は増幅器103の利得の演算に全く関与しない。したがつて増幅器103の演算抵抗器18, 20, 21の温度変動等によるゼロ点ずれも発生することがない。よつて従来例の(4)項の欠点も一掃することができる。

#### <第3図の説明>

第3図の回路は特願昭56-67272において提案した回路である。この第3図の回路の特徴は増幅器の負帰還回路の基準電位端を接続点Aに接続した構造にある。この構造とすることにより増幅器103は接続点Bと電位制御手段102の制御によつて得られた等価的な基準電位点(接続点A)との間の電圧を入力とする。従つて制御手段102を構成する演算増幅器17がオフセット電圧を持つていても、そのオフセット電圧が増幅器103の入力電圧に加算されない。よつて演算増幅器103の入力電圧に加算されない。よつて演算増幅

器17のオフセット電圧が変動したとしても、つまりA点の電位が多少変動したとしても、A点の電位変動が増幅器19で増幅されて出力されることがない。よつて制御手段17を構成する増幅器としてオフセット電圧が充分小さい高価な増幅素子を用いなくて済む利点を得られる。その他の作用効果は第2図の場合と全く同様である。

以上により先願発明の特徴とする点が理解できよう。ところで第2図及び第3図に示した先願発明は第6式に示したように $R_e = R_1(k-1)$ と選定することにより測温抵抗体3の抵抗値変化による測定電流の変動を抑制し、測温抵抗体3の抵抗値変化を忠実に電圧信号 $V_o$ として取出すことを目的とした。

従つて測温抵抗体3の温度対抵抗値変化特性が第6図に示す曲線601又は602のような非直線性を持つ場合は出力端子12から得られる電圧信号 $V_o$ の対温度特性も同じ非直線特性を持つ曲線となる。従つて出力端子12の後段に直線化装置(リニアライザ)を設けるか或は温度指示計の目

盛を非直線化して刻む、等の対応を採らなければならない。

この発明は上述した先願発明の長所を生かしたまま、出力端子12から得られる電圧信号 $V_o$ の対温度特性を直線化できるようにした温度測定回路を得ることにある。

#### <発明の実施例>

この発明では第4図に示すように電流設定抵抗器1と測温抵抗体3との接続点Bに対し、第2電流補正手段401を設け、この第2電流補正手段401により測温抵抗体3の抵抗値変化を直線化補正して出力するようにしたものである。

第2電流補正手段401は直線化補正すべき測温抵抗体の特性に応じて各種の具体例が考えられる。測温抵抗体3は一般に白金抵抗体が主に用いられる。白金抵抗体の温度対抵抗値特性は第6図に曲線601として示すように上に凸となる非直線特性を持つ。このような非直線特性を直線化補正するには第1電流補正手段18と同様に増幅器103の出力側と正帰還入力点との間に抵抗器4

02を接続して構成することができる。つまり第6図に示す曲線601の非直線特性を直線化補正するには第1電流補正手段18を構成する抵抗器の抵抗値 $R_c$ を上述した曲線 $R_c=R_1(k-1)$ より小さい値に選定することにより実現できる。従つてこのときは第1電流補正手段18を構成する抵抗器に対し成る抵抗値 $R_f$ を持つ抵抗器402を並列接続することにより第2電流補正手段401を構成することができる。

また第6図に示す曲線602のように曲線601とは逆に下に凸となる非直線特性を持つ測温抵抗体もある。これは例えばニッケルを主成分とする測温抵抗体の場合である。このように温度対抵抗値変化が下に凸となる非直線特性を直線化補正するには第1電流補正手段18を構成する抵抗器の抵抗値 $R_c$ を上述した関係 $R_c=R_1(k-1)$ より大きい値に選定すればよい。

以下にその理由を数式を用いて詳細に説明する。第4図において出力電圧 $V_o$ と測温抵抗体3との関係は第8式となる。ただし、3線式測温抵抗体3

の配線抵抗の影響を打消すために $R_1=R_2=R$ とする。また $k=\frac{R_a+R_b}{R_a}$ とする。

$$V_o=k \cdot \frac{V}{R} \cdot \frac{R_0+R_1}{1+(R_0+r)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_0}(k-1)\right)} \quad (8)$$

白金測温抵抗体の $T$ における抵抗値 $R_T$ は日本工業規格JISC1604によれば、

$$R_T=R_0(AT+BT^2+1) \quad (9)$$

$A: 3.974973 \times 10^{-5}$ 、 $B: -5.8973 \times 10^{-7}$ 、 $R_0=0^\circ\text{C}$ における抵抗値である。第8式において $R_1$ を $R_0$ と等しい値に設定すると、第8式及び第9式より、出力電圧 $V_o$ と温度 $T$ の関係は以下の如くなる。こゝで $\alpha=\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_0}(k-1)$ とする。

$$\begin{aligned} V_o &= k \cdot \frac{V}{R} \cdot \frac{R_0(AT+BT^2)}{1+\alpha R_0 AT + \alpha R_0 BT^2 + \alpha r} \\ &= k \cdot \frac{V}{R} \cdot R_0 \cdot AT \cdot \frac{1+\frac{BT}{A}}{1+\alpha r \cdot \alpha R_0 AT + \alpha R_0 BT^2} \\ &= k \cdot \frac{V}{R} \cdot R_0 \cdot AT \cdot \frac{(1+\alpha r + \frac{BT}{A} + \alpha R_0 BT^2) - (\alpha r + \alpha R_0 BT^2)}{1+\alpha r + \alpha R_0 AT + \alpha R_0 BT^2} \end{aligned}$$

こゝで $\alpha=\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_0}(k-1)$ を $\alpha R_0 A=\frac{B}{A}$ とすると、 $R_1$ と $R_0$ を設定すると、

$$\begin{aligned} V_o &= k \cdot \frac{V}{R} \cdot R_0 \cdot AT \cdot \frac{(1+\frac{rB}{R_0 A} + \frac{B}{A} T + (\frac{B}{A} T)^2) - (\frac{rB}{R_0 A} + (\frac{B}{A} T)^2)}{1+\frac{rB}{R_0 A} + \frac{B}{A} T + (\frac{B}{A} T)^2} \\ &= k \cdot \frac{V}{R} \cdot R_0 \cdot AT \left\{ 1 - \frac{\frac{rB}{R_0 A} + (\frac{B}{A} T)^2}{1+\frac{rB}{R_0 A} + \frac{B}{A} T + (\frac{B}{A} T)^2} \right\} \quad (11) \end{aligned}$$

第11式より、出力電圧 $V_o$ は温度 $T$ に比例する項と、温度 $T$ の高次の項に分けることができる。この高次の項が非直線誤差成分である。こゝで例えば $Pt100$ を用い、 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ までの温度範囲を測定すると仮定して、 $A$ 、 $B$ 、 $R_0$ 、 $r$ に実数をあてはめ、非直線誤差成分 $X$ の大きさを吟味してみる。こゝで配線抵抗 $r$ は仮りに $10\Omega$ とする。

$$X = \frac{-37 \times 10^{-8} + (-1.5 \times 10^{-4} \times T)^2}{1 - 8.7 \times 10^{-6} + (-1.5 \times 10^{-4} \times T) + (-1.5 \times 10^{-4} \times T)^2}$$

となる。これから明らかなようにこの発明によれば $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の測定範囲で温度 $T$ に依存する

非直線誤差成分 $X$ は $10^{-8}$ 以下となることがわかる。第7図にその結果を示す。第7図の曲線701は白金測温抵抗体を持つ非直線誤差値、702はこの発明による出力電圧 $V_o$ の非直線誤差値を示す。

<発明の効果>

第7図から明らかなようにこの発明によれば、高精度に直線化補正することができる。然も基準温度において接続点Bの電位を等値的に基準電位点Dの電位となるように制御する電位制御手段102と、不平衡増幅器103との組合せにより、測温抵抗体3の配線抵抗 $r$ の影響を受けることがなく、また増幅器103に流入するバイアス電流による影響を受けることがない、よつて精度の高い温度測定回路を得ることができる。

尚、第5図に示す回路の場合には出力電圧 $V_o$ は

$$V_o = k \cdot \frac{V}{R} \cdot AT \cdot \left\{ 1 - \frac{\frac{rB}{R_0 A} + \frac{R_0+r}{R_0} + (\frac{B}{A} T)^2}{1+\frac{R_0+r}{R_0} + \frac{rB}{R_0 A} + \frac{B}{A} T + (\frac{B}{A} T)^2} \right\} \quad (11)$$



となり、上述の第11式とほぼ同様の結果が得られる。よつて第5図に示す回路によつても第4図の回路と同様に非直線誤差を充分小さい値に直線化補正することができる。

こゝで先願発明では  $\alpha = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0}(k-1) = 0$  に選定した。これに対しこの出願では  $\alpha = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0}$  ( $k-1$ ) が、 $\alpha R_0 A = \frac{B}{A}$  となるように  $R_1$  と  $R_0$  を設定した。先願発明により選定される第1電流補正手段18の抵抗値を  $R_{01}$ 、この出願の発明で選定した抵抗値  $R_{02}$  とした場合、

$$\begin{aligned} \frac{R_{01}}{R_{02}} &= \frac{R_1(k-1)}{\frac{(k-1)A^2 \cdot R_0 \cdot R_1}{A^2 \cdot R_0 - R_0 \cdot B}} \\ &= \frac{R_1(A^2 \cdot R_0 - R_0 \cdot B)}{A^2 \cdot R_0 \cdot R_1} \end{aligned}$$

$R_1 = R_0$  であるから

$$\frac{R_{01}}{R_{02}} = 1 - \frac{R_0 \cdot B}{A^2 \cdot R_0} \quad (12)$$

となる。白金測温抵抗体による場合は上述したように  $B$  は JIS規格で定めるように  $B = -58973$

このため増幅器103、正帰還回路のプリント基板に第8図に示すように、第2電流補正手段401を接続する端子部801、802及び803、804を形成しておき、直線化補正すべき特性に応じて端子部803と804の間を短絡して端子部801と803の間に第2電流補正手段401を構成する抵抗器402を接続するか、或は端子部801と802間を開放状態とし、端子部803と804の間に抵抗器を接続できるように構成しておくことにより、補正すべき非直線性が何れの場合にも対応することができる。

また他の方法としては各種の測温抵抗体の非直線性に対してその非直線性を直線化するための第2電流補正手段401の抵抗値と第1電流補正手段18との合成抵抗値を予め求めておき、第1電流補正手段18を構成する抵抗器を目的とする直線化補正に必要な抵抗値のものに交換するようにしてもよい。またショートバーのような切替手段により測温抵抗体の種類に応じて抵抗値を変更できるように構成することもできる。

$\times 10^{-7}$  であるから、第12式の右辺2項は正となる。よつて  $\frac{R_{01}}{R_{02}} > 1$  となる。従つて第6図に示すような上に凸となる非直線性を持つ測温抵抗体の非直線誤差を直線化するには、先願発明で規定した第1電流補正手段18を構成する抵抗器の抵抗値  $R_{01}$  をわずかに小さい値に修正すればよい。このため第2電流補正手段401としては第1電流補正手段18と並列に抵抗器402を接続して構成することができる。

第6図に曲線602として示す下に凸となる非直線誤差を持つ測温抵抗体の場合は第12式において  $B$  は正符号を持つことから  $\frac{R_{01}}{R_{02}} < 1$  となる。よつてこのような非直線誤差を直線化補正するには第1電流補正手段18に使用する抵抗器の抵抗値  $R_{01}$  を、先願発明で規定した抵抗値  $R_0$  より大きい値に修正すればよいこととなる。従つて下に凸となる非直線性を補正する場合には第2電流補正手段401は第1電流補正手段18を構成する抵抗器と直列に所定の抵抗値を持つ抵抗器を接続して構成することができる。

#### ＜この発明の他の実施例＞

第1及び第2電流補正手段18及び401の他の構造としては第9図に示すように電流供給回路901を設け、この電流供給回路901から出力される電流値  $i$  を増幅器19の出力により制御することにより上述と同様の作用効果を得ることができる。

つまり、接続点Bの電圧を  $V_i$ 、電流供給手段901の出力電流値を  $i$ 、抵抗器902の抵抗値を  $R_c$ 、抵抗器903の抵抗値を  $R_d$  とすると、

$$i = V_i \cdot \frac{R_d}{R_a \cdot R_c}$$

となり、接続点Bの電圧  $V_i$  に比例した電流が接続点Bに注入され、測温抵抗体3の非直線特性を直線化補正することができる。

従つてこの場合には電流供給手段901が第1及び第2電流補正手段18と401とを兼ねることとなる。また第9図に示した電流供給手段901は第5図の回路に应用することができることは容易に理解できよう。

## &lt; 總 括 &gt;

以上説明したようにこの発明によれば、先願発明により提案した特徴に加えて、測温抵抗体3の非直線性を直線化補正することができる。然もその直線化補正のためには先願発明で規定した抵抗値 $R_e$ を直線化すべき特性に応じて大きい方向又は小さい方向にその値を修正するだけで上に凸の非直線性及び下に凸の非直線性の何れをも直線化補正することができる。よつて安価に直線性のよい温度測定回路を得ることができる。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来一般に使用されている温度測定回路を説明するための接続図、第2図及び第3図は先に出願した温度測定回路を説明するための接続図、第4図はこの出願の第1発明に該当する実施例を示す接続図、第5図はこの出願の第2発明に該当する実施例を示す接続図、第6図は測温抵抗体が持つ非直線性を説明するためのグラフ、第7図はこの発明の効果を説明するためのグラフ、第8図はこの発明を適用する場合のプリント基板の

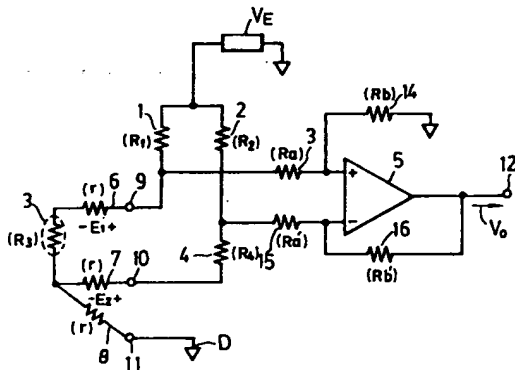
具体例を示す平面図、第9図はこの発明の他の実施例を示す接続図である。

1：電流設定抵抗器、3：測温抵抗体、101：直列回路、 $V_E$ ：定電圧源、102：接続点Bの電位を等価的に基準電位点Dの電位となるように制御する電位制御手段、103：増幅器、18：第1電流補正手段、401：第2電流補正手段。

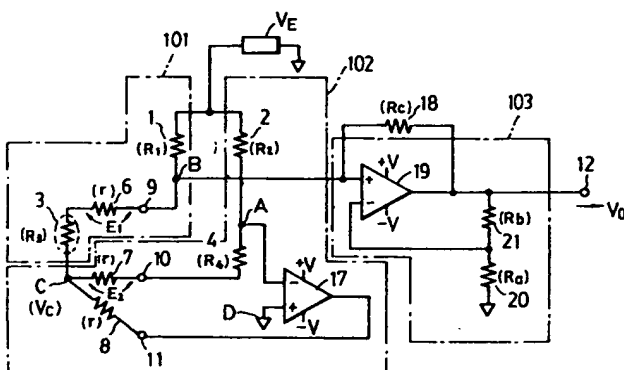
特許出願人 株式会社 北辰電機製作所

代 理 人 草 野 卓

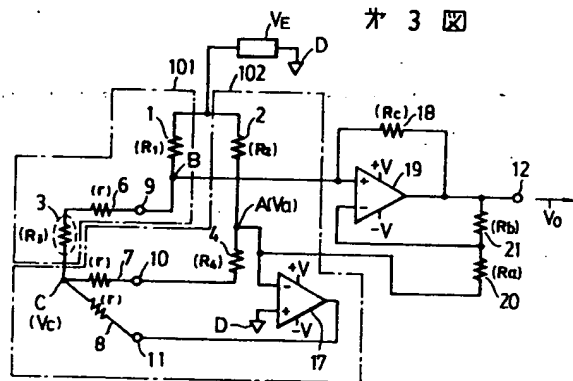
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

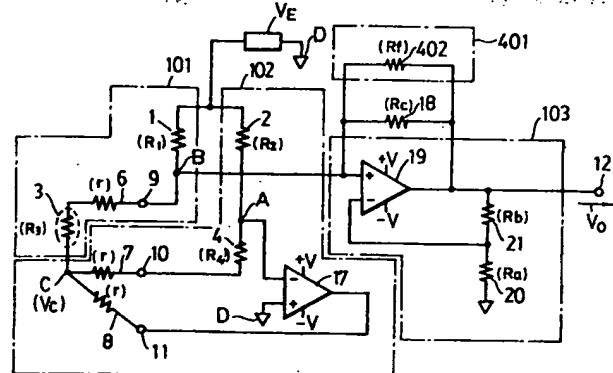


図 5

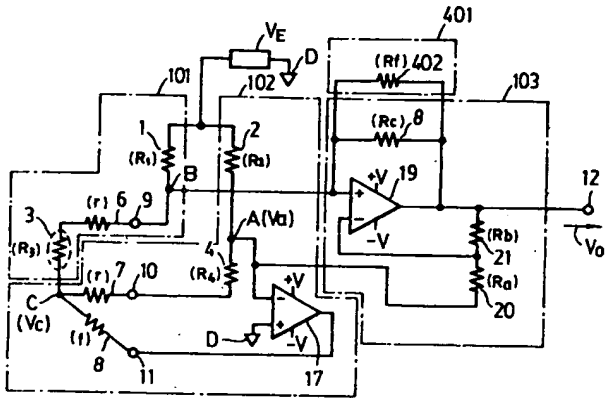


図 7

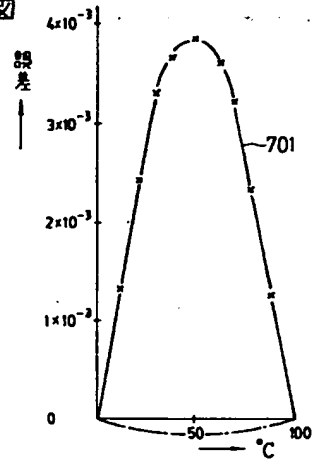


図 6

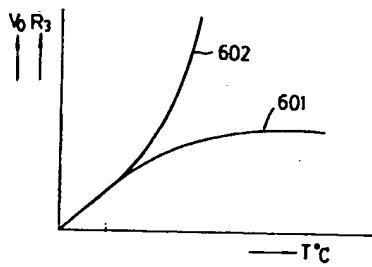


図 8

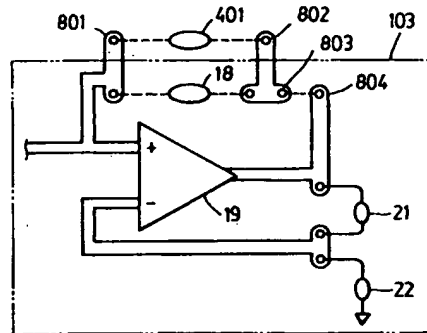


図 9

